วารสารวิชาการ
อุตสาหกรรมศึกษา

URL : http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jindedu/issue/archive

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา (ISSN: 1905-9450)

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566

ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ณัฐพร ทองพันธ์*, วันเพ็ญ ประทุมทอง และ เกริก ศักดิ์สุภาพ

สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ กลุ่มวิชาวิทยาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**Corresponding author e-mail: nattaporn.tongpun@g.swu.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้และเปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ร้อยละ 60 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้และเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ร้อยละ 60 และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิชาเอกวิศวกรรม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 43 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ 3) แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และ 4) แบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ การทดสอบที (t-test for dependent samples, t-test for one sample) ผลวิจัยพบว่า 1) มโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความพึงพอใจหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์อยู่ในระดับมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : คอนสตรัคติวิสต์, กลวิธีการคิดเป็นภาพ, การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์, มโนทัศน์ฟิสิกส์, การแก้โทย์ปัญหาฟิสิกส์

ข้อมูลบทความ : วันรับพิจารณา 21 พฤศจิกายน 2566 / วันแก้ไข 13 ธันวาคม 2566 / วันตอบรับ 13 ธันวาคม 2566 / วันตีพิมพ์ 29 ธันวาคม 2566

JOURNAL OF INDUSTRIAL EDUCATION

URL : http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jindedu/issue/archive

JOURNAL OF INDUSTRIAL EDUCATION (ISSN: 1905-9450)

FACULTY OF EDUCATION, SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY, Volume 17 No.2 July-December 2023

EFFECTS OF CONSTRUCTIVIST LEARNING METHOD WITH VISUAL THINKING STRATEGY AND HELLER AND HELLER LOGICAL PHYSICS PROBLEM SOLVING STRATEGY OF ELEVENTH GRADE STUDENTS

Nattaporn Tongpun*, Wanphen Pratoomtong and Kirk Saksuparb

Educational Science and Learning Management, Science of Science Learning Management, Faculty of Education, Srinakharinwirot University

**Corresponding author e-mail: nattaporn.tongpun@g.swu.ac.th*

Abstract

The purposes of the research are as follows: (1) to compare the pretest and posttest results physics concept of students and to compare the posttest results physics concept of students with the criterion of 60 percent, (2) to compare the pretest and posttest results physics solving problem ability of students and to compare the posttest results physics solving problem ability of with the criterion of 60 percent; and (3) to study satisfaction of students who learned through constructivist learning method with visual thinking strategy and Heller and Heller logical physics problem solving strategy. The research design was a one-group pretest posttest design. The sample of the research included 43 eleventh grade students in engineering major in the first semester of the 2023 academic year at Srinakarinwirot Prasarnmit Demonstration School (secondary). The sample for the study was obtained by cluster random sampling. The research instruments consisted of (1) lesson plans (2) physics concept test (3) physics problem solving test; and (4) learning management satisfaction questionnaire. The hypotheses were tested with a t-test for dependent samples and t-test for one sample. The results of the research were as follows: (1) students had physics concept score higher than before the instruction and higher than the 60 percent of the criteria at the .05 level of significance, (2) students had physics problem solving score higher than before the instruction and higher than the 60 percent of the criteria at the .05 level of significance; and (3) students who learned through constructivist learning method with visual thinking strategy and Heller and Heller logical physics problem solving strategy had satisfaction in high level of the criteria at the .05 level of significance.

Keywords : Constructivist, Visual Thinking, Physics problem solving of Heller and Heller strategy, Physics concept, Physics problem solving

Article Info: Received; November 21, 2023 / Revised; December 13, 2023 / Accepted; December 13, 2023 / Published; December 29, 2023

บทนำ

ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์จริงกับคำอธิบายทางทฤษฎี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 5) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของการสอบวิชาสามัญเพื่อรองรับการรับตรงของมหาวิทยาลัยของประเทศไทยร่วมกันในรายวิชาฟิสิกส์พบว่า คะแนนเฉลี่ยระดับประเทศตั้งแต่ปีการศึกษา 2561 ถึง 2564 เท่ากับ 26.95 28.89 28.82 และ 20.91 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยไม่ถึงร้อยละ 50 และมีแนวโน้มลดลง (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2663) ซึ่งเป็นข้อสอบที่เน้นการคิดวิเคราะห์และรูปแบบของโจทย์เน้นสถานการณ์ในชีวิตจริง แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ต้องมุ่งเน้นพัฒนาความคิดขั้นสูงของนักเรียน

จากประสบการณ์ในการสอนฟิสิกส์ที่ผ่านมา พบว่าการจัดกระบวนการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่ผ่านมายังไม่บรรลุตามวัตถุประสงค์ ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบประเมินผลปลายภาคเรียนที่ 2 ในปีการศึกษา 2565 มีนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 60 ไม่ถึงร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด นอกจากนี้จากการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ พบว่า นักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 ในชั้นเรียนไม่สามารถวิเคราะห์และแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง ปัญหาที่สำคัญในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ คือ ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ยังไม่มีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นระบบ ทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีลักษณะที่สอดคล้องกับเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller และ Heller, 2010, p. 32) ที่ได้กล่าวถึงลักษณะของนักเรียนเมื่อพบเจอโจทย์ปัญหาที่ซับซ้อน มีการพลิกแพลง เป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน จะไม่สามารถวิเคราะห์และแก้โจทย์ปัญหาได้ เนื่องจากนักเรียนไม่มีความเข้าใจและไม่สามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ฟิสิกส์มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ ทำให้ไม่บรรลุเป้าหมายใน การเรียนฟิสิกส์ในที่สุด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการพัฒนามโนทัศน์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกันและเป็นส่วนที่ต้องได้รับการพัฒนาในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ได้เสนอกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller และ Heller, 2010, p. 41) ซึ่งมีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจน มีการให้ความสำคัญกับการเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้ เน้นการประยุกต์ใช้หลักการทางฟิสิกส์มาแก้โจทย์ปัญหารวมถึงให้ความสำคัญกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดการขยายความรู้และเห็นแนวทางที่จะนำมาใช้ในการแก้ไขโจทย์ปัญหานั้น (วุฒิชัย จารุตัน และ อุฤทธิ์ เจริญอินทร์, 2564)

การจัดการเรียนรู้เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจในมโนทัศน์จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการที่เน้นให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ (ธนธัญ ฝีมือสาร, 2560) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ มีลักษณะที่ให้นักเรียนสร้างความรู้จากการร่วมมือกันหาคำตอบผ่านกิจกรรมโดยกระบวนการเรียนรู้เริ่มจากคำถามที่ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา แล้วต้องการหลักฐาน แนวคิด หรือหลักการอื่น ๆ มาช่วยในการแก้ไขปัญหา ทั้งจากความรู้หรือประสบการณ์เดิมร่วมกับประสบการณ์ใหม่จนก่อให้เกิดความสร้างความรู้ (บุญเลี้ยง ทุมทอง, 2556, น. 133 - 135) แต่อย่างไรก็ตามทิศนา แขมมณี (2557, น. 95) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ในประเด็นการสร้างความรู้ด้วยตนเองของนักเรียนว่า การใช้กระบวนขยายความคิด ได้แก่ การเรียบเรียง ผสมผสาน ขยายความ และการหาความสัมพันธ์ของความรู้ใหม่กับความรู้เดิมของนักเรียนอาจจะต้องอาศัยการค้นคว้าให้ลึกซึ้งจนรู้แจ้ง ครูต้องตรวจสอบความรู้เพื่อเพิ่มเติมองค์ความรู้ให้สมบูรณ์ นอกจากนี้ในแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ไม่ได้มีขั้นตอนที่เป็นกระบวนการในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ชัดเจน จากข้อสนับสนุนดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ในขั้นตอนที่นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองยังสามารถเติมเต็มกลวิธีที่ช่วยในการค้นพบมโนทัศน์ของนักเรียน และยังสามารถใช้กลวิธีอื่น ๆ เพื่อช่วยในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ากระบวนการอย่างหนึ่งที่ช่วยจัดระเบียบข้อมูล ช่วยวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น รวมไปถึงส่งเสริม

ความคิดสร้างสรรค์ และช่วยให้การสื่อสารสะดวกและชัดเจนมากขึ้น คือ กลวิธีการคิดเป็นภาพ (Visual thinking) (Brand, 2017, p. 13; Katsumi, 2008, pp. 6-7; Roam, 2013, p. 2) ซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบความคิดโดยใช้แผนภาพ เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนให้ได้มาซึ่งแนวคิดที่เป็นรูปธรรม เพื่อให้เห็นความเชื่อมโยงของเรื่องราวที่ศึกษา และใช้แผนภาพในการอธิบายและสื่อสารให้ชัดเจนมากขึ้น (Roam, 2013, p. 5) จากงานวิจัยของ Yenawine (2013) ได้นำกลวิธีการคิดเป็นภาพไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์พบว่ามโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน กลวิธีการคิดเป็นภาพจึงสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อช่วยในกระบวนการขยายความคิดทำให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ได้ง่ายและสมบูรณ์มากขึ้น และใช้กลวิธีการคิดเป็นภาพในขั้นประยุกต์ความรู้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในขั้นการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา

จากสภาพปัญหาของการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ แนวคิด และทฤษฎี ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เพื่อพัฒนามโนทัศน์ฟิสิกส์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้และเปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ร้อยละ 60
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้และเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ร้อยละ 60
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ความสำคัญของการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ที่มีผลต่อมโนทัศน์ฟิสิกส์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ฯ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. ทำให้ครู นักวิจัย หรือผู้ที่สนใจได้แนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ไปพัฒนา ออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ หรือนำแนวทางดังกล่าวไปใช้ เพื่อพัฒนามโนทัศน์ฟิสิกส์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ฯ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

เนื้อหา

เนื้อหาในหนังสือแบบเรียนรายวิชาฟิสิกส์วิศวกรรม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) เรื่อง คลื่น แสงเชิงคลื่นและแสงเชิงรังสี

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิชาเอกวิศวกรรม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 3 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 105 คน ที่จัดแบบคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิชาเอกวิศวกรรม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 43 คน

ระยะเวลาการดำเนินการ

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ใช้เวลาในการทดลองรวมเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบทั้งหมด 35 คาบ คาบละ 45 นาที

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ตัวแปรตาม

1. มโนทัศน์ฟิสิกส์
2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
3. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

การทบทวนวรรณกรรม

1. **การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์** หมายถึง กระบวนการที่มุ่งพัฒนาให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กลวิธีคิดเป็นภาพ และประยุกต์ใช้มโนทัศน์ที่ค้นพบในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยกระตุ้นความสนใจ และจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันผ่านการทำงานเป็นกลุ่ม ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันและเกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับประสบการณ์ใหม่ (บุญเลี้ยง ทุมทอง, 2556, น. 33) โดยใช้กลวิธีการคิดเป็นภาพซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบความคิดโดยใช้แผนภาพ เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ให้ได้มาซึ่งแนวคิดที่เป็นรูปธรรม เพื่อให้เห็นความเชื่อมโยงของเรื่องราวที่ศึกษา และใช้แผนภาพหรือวลีในการอธิบายและสื่อสารให้ชัดเจนมากขึ้น (Brand, 2017, p. 10; Roam, 2013, p. 3) ในขั้นสำรวจเป็นภาพ และใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller และ Heller, 2010, pp. 41-43) ในขั้นการประยุกต์ความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้ขั้นตอนการเห็นและการดูของกลวิธีการคิดเป็นภาพในขั้นพิจารณาปัญหา โดยมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจ โดยใช้คำถามหรือปัญหาที่นักเรียนไม่สามารถใช้ความรู้เดิมในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหาได้ โดยครูจะใช้คำถาม ยกตัวอย่างปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนหรือสอดคล้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนได้อธิบายมโนทัศน์ใหม่โดยไม่บอกคำตอบของคำถาม

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจเป็นภาพ (Exploration with Visual thinking strategy) เป็นขั้นปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับประสบการณ์ใหม่ และสร้างมโนทัศน์โดยใช้กลวิธีการคิดเป็นภาพ (Roam, 2013, pp. 33-149) โดยนักเรียนลงมือทำกิจกรรมแบบกลุ่มย่อยตามที่ครูกำหนดและมอบหมายให้ ครูมีหน้าที่เฝ้า

สังเกตและส่งเสริมให้นักเรียนจดจ่อกับกิจกรรมที่กำหนด แต่ยังไม่บอกคำตอบของกิจกรรม โดยเน้นให้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันตามกลวิธีการคิดเป็นภาพ 4 ขั้นตอนย่อย คือ 1) การดู (Look) คือ กระบวนการรวบรวมและประเมินข้อมูลเกี่ยวกับภาพรวมของกิจกรรมอย่างคร่าว ๆ 2) การเห็น (See) คือ การคัดเลือกและจัดหมวดหมู่ของข้อมูลจากกิจกรรม โดยครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถาม 6 คำถาม ได้แก่ นักเรียนเห็นใคร (Who) อะไร (What) ในกิจกรรม เห็นปริมาณที่เกิดขึ้นเท่าใด (How many, How much) เห็นการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่ตำแหน่งใด (Where) เห็นการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเมื่อใด (When) เห็นผลกระทบและความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผลอย่างไร (How) และคิดว่าเหตุผลของการเกิดสถานการณ์นั้นคืออะไร (Why) 3) การจินตนาการ (Imagine) คือ การผสานข้อมูลต่าง ๆ ในกิจกรรมเข้าด้วยกัน โดยนักเรียนจะต้องพิจารณาข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมแล้วระบุว่าข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลแบบใด พิจารณาจากภาพรวมของข้อมูลระหว่างข้อมูลแบบง่าย ๆ หรือข้อมูลที่มีรายละเอียด ประเภทของข้อมูลระหว่างข้อมูลเชิงคุณภาพหรือข้อมูลเชิงปริมาณ ลักษณะของข้อมูลระหว่างข้อมูลเป็นภาพรวมหรือภาพกว้าง ๆ หรือข้อมูลเป็นลำดับขั้นตอน รูปแบบของข้อมูลระหว่างข้อมูลที่มีความเฉพาะหรือข้อมูลมีการเปรียบเทียบ และความคงที่ของข้อมูลระหว่างข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลหรือข้อมูลมีความคงที่ตลอดเวลา และ 4) การแสดงออก (Show) คือ การนำเสนอข้อมูลจากกิจกรรม โดยเริ่มต้นจากการสรุปสิ่งที่เห็น ค้นหาวิธีที่จะนำเสนอแนวคิดอย่างเป็นรูปธรรม บันทึกแนวคิดลงบนกระดาษ ชี้ให้เห็นถึงสิ่งที่อยู่ในจินตนาการ แล้วตอบคำถามของกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นนำเสนอมโนทัศน์ (Proposing concept) เป็นขั้นที่ตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์และความเข้าใจที่นักเรียนได้จากการร่วมกันอภิปรายในกลุ่มจากกิจกรรม โดยนักเรียนต้องนำเสนอผลที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม แสดงผลของมโนทัศน์ในรูปแบบที่ได้จากกลวิธีการคิดเป็นภาพ ครูจะนำอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนบางส่วนอาจยังเข้าใจหัวข้อที่เรียนได้ไม่สมบูรณ์ แม้จะผ่านประสบการณ์การเรียนรู้จากกิจกรรมแล้ว และครูชี้แนะให้เห็นถึงคำตอบที่เหมาะสมและร่วมกันลงข้อสรุปที่ได้จากการค้นพบ จากนั้นครูเชื่อมโยงความรู้ที่ค้นพบกับความรู้เดิมของนักเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นการประยุกต์ความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา (Applying newly constructed ideas to physics problem solving) เป็นขั้นนำมโนทัศน์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยครูใช้คำถามเพื่อนำอภิปรายตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา และนักเรียนจะต้องนำมโนทัศน์ที่ถูกต้องไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหารูปแบบต่าง ๆ โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller และ Heller, 2010, pp. 41-43) และกลวิธีการคิดเป็นภาพ โดยใช้ขั้นตอนการเห็นและการดูในขั้นพิจารณาปัญหา โดยมี 5 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1) พิจารณาปัญหา (Focus on the problem with Visual thinking) เป็นขั้นตอนการสร้างแผนภาพจากโจทย์ปัญหา แล้ววาดภาพแสดงสถานการณ์ โดยวาดภาพที่เกี่ยวข้องกับวัตถุ เช่น แสงมีการเคลื่อนที่อย่างไร และเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อผ่านตัวกลาง และระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด

2) อธิบายปัญหาในเชิงฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นขั้นตอนการเขียนแผนภาพทางฟิสิกส์ (Free body diagram) โดยวาดแผนภาพในระบบอ้างอิงที่กำหนดตามหลักการทางฟิสิกส์ ระบุปริมาณที่เป็นเวกเตอร์ลงในแผนภาพพร้อมทั้งระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดในรูปของตัวแปร และระบุตัวแปรที่ต้องการทราบค่าบนแผนภาพที่สร้างขึ้น และระบุสมการหรือหลักการที่เกี่ยวข้องทั้งหมดกับตัวแปรในโจทย์ปัญหา เช่น พฤติกรรมของคลื่น การหักเหของแสง เป็นต้น

3) วางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution) เป็นขั้นตอนการนำความสัมพันธ์จากการอธิบายปัญหาในเชิงฟิสิกส์ในขั้นตอนที่ผ่านมา ไปสร้างเป็นสมการในการแก้โจทย์ปัญหา โดยเขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่าแล้วพิจารณาว่าแต่ละสมการที่เลือกมาเพียงพอต่อการหาคำตอบของตัวแปรที่ไม่ทราบค่าหรือไม่ โดยเปรียบเทียบจำนวนสมการที่ใช้กับจำนวนตัวแปรที่ไม่ทราบค่า แล้ววางแผนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์

4) ดำเนินการตามแผน (Execute the plan) เป็นขั้นตอนการแทนค่าตัวแปรด้วยตัวเลขลงในสมการ โดยต้องตรวจสอบหน่วยของตัวแปรแต่ละตัวก่อนแทนค่าลงในสมการ แล้วจึงคำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบ โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์

5) ตรวจสอบคำตอบ (Evaluate the answer) เป็นขั้นที่ต้องตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้มีความสอดคล้องและสมเหตุสมผลหรือไม่ โดยใช้คำถาม 3 ข้อ ดังนี้ คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ คำตอบที่ได้มีหน่วยเหมาะสมและสอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ต้องการหรือไม่ คำตอบที่ได้เมื่อแทนค่ากลับเข้าไปในสมการแล้วถูกต้องหรือไม่

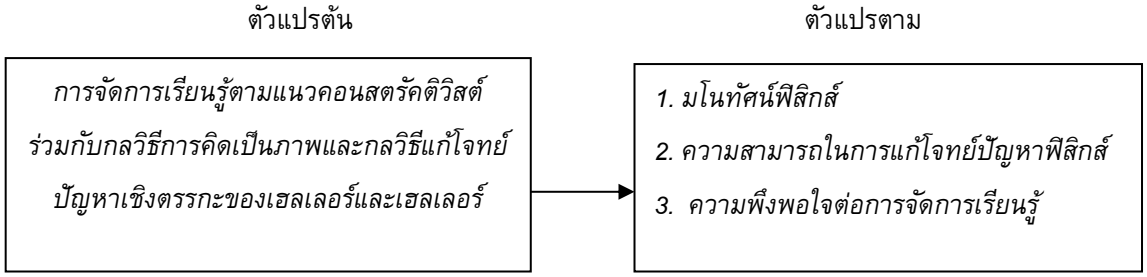
ขั้นที่ 5 ขั้นนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (Applying newly constructed ideas to daily life) เป็นขั้นนำมโนทัศน์ไปประยุกต์ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน โดยครูใช้คำถามที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน และนักเรียนนำมโนทัศน์ไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ ดังกล่าว

3. มโนทัศน์ฟิสิกส์ หมายถึง ความคิด แนวคิดหลัก หรือข้อสรุปเกี่ยวกับกฎ หลักการและทฤษฎีต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ การอธิบายธรรมชาติของโลก ปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎเกณฑ์มาอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นเหล่านั้น (Arista และ Kuswanto, 2017, p. 4; พัณนิดา มิ่งมิตร, 2560, น. 22)

4. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง การแสดงออกถึงกระบวนการคิดแก้ปัญหาเพื่อใช้ในการหาคำตอบทางฟิสิกส์อย่างเป็นระบบ โดยการวิเคราะห์รูปแบบของปัญหาและแปลความหมายของสิ่งที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปของสมการ หรือหลักการทางฟิสิกส์ (Docktor และ Strand, 2015; เบญจพร บาทบำรุง และ ธนรัตน์ แต้วัฒนา, 2565; วีนัส ชาลี, 2563)

5. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ความรู้สึกที่นักเรียนมีต่อสิ่งที่ได้รับประสบการณ์และแสดงออกหรือมีพฤติกรรมตอบสนองในลักษณะแตกต่างกันไป ความพึงพอใจต่อสิ่งต่าง ๆ นั้นจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแรงจูงใจ กิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ และครู โดยวัดได้จากการแสดงความคิดเห็นความรู้สึกและเจตคติของบุคคล (เบญจพร บาทบำรุง และ ธนรัตน์ แต้วัฒนา, 2565)

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. มโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนและมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60

3. ความพึงพอใจหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์อยู่ในระดับมาก

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ จำนวน 7 แผน จำนวน 30 คาบ คาบละ 45 นาที ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 4 ท่าน โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้กับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่สังเคราะห์ขึ้น ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00

1.2 แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ เรื่อง คลื่น แสงเชิงคลื่นและแสงเชิงรังสี จำนวน 15 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบสองขั้นตอน (two tier) โดย ตอนที่ 1 มีลักษณะเป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ตอนที่ 2 มีลักษณะเป็นข้อคำถามเชิงเหตุผลในการเลือกตัวเลือกของคำถามตอนที่ 1 ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ และด้านการวัดและประเมินผลจำนวน 4 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.75 - 1.00 วิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกเป็นรายข้อโดยใช้เทคนิคร้อยละ 27 ของจุง เตห์ ฟาน (Chung – The Fan) มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.55 - 0.67 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.37 และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α) ของครอนบัคมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.726

1.3 แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง คลื่น แสงเชิงคลื่นและแสงเชิงรังสี แบบอัตนัย 5 ขั้นตอนตามกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ได้แก่ ทำความเข้าใจและอธิบายปัญหา อธิบายหลักการฟิสิกส์ วางแผนการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา และตรวจสอบคำตอบ จำนวน 10 ข้อ ในแต่ละข้อมีประเด็นในการประเมิน 5 ประเด็น ตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 4 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.75 - 1.00 หาค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์ในการตรวจข้อสอบอัตนัยจากดัชนีความสอดคล้องของผู้ประเมิน (Rater Agreement Index, RAI)ได้ค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 0.87 วิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกเป็นรายข้อโดยใช้เทคนิคร้อยละ 27 ของจุง เตห์ ฟาน (Chung – The Fan) มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.23 - 0.55 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.30 - 0.50 และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α) ของครอนบัคมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.787

1.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 20 ข้อ ซึ่งเป็นแบบวัดเกี่ยวกับความรู้สึกและความคิดเห็นของผู้เรียน เมื่อนักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อเรียบร้อยแล้วให้นักเรียนเลือกระดับความรู้สึกหรือความคิดเห็นที่ตรงกับความรู้สึกหรือความคิดเห็นของตนเองให้มากที่สุด ประกอบด้วยองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ด้าน ได้แก่ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล โดยข้อคำถามแต่ละด้านมี 5 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ตามแนวคิดของลิเคอร์ท ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 4 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 มีค่าอำนาจจำแนก (t) อยู่ในช่วง 2.882 – 7.473 และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α) ของครอนบัค มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.921

2. การดำเนินการทดลองและการรวบรวมข้อมูล

2.1 ทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์และแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบจำนวน 2 คาบ คาบละ 45 นาที

2.2 จัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธี การคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง คลื่น แสงเชิงคลื่น และแสงเชิงรังสีจำนวน 7 แผน 30 คาบเรียน คาบเรียนละ 45 นาที เป็นเวลา 9 สัปดาห์

2.3 ทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์และ แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และให้นักเรียนทำแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้เวลา 3 คาบ คาบละ 45 นาที

3. การวิเคราะห์ข้อมูล ในการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยใช้สถิติ ดังนี้

3.1 สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ร้อยละ (Percentage) และ สวนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

3.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน ได้แก่

1) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยดำเนินการทดสอบสม มติฐานทางสถิติแบบ t–test for Dependent Sample

2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์ คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ที่กำหนด และคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด โดยดำเนินการทดสอบสมติฐานทางสถิติแบบ One sample t-test

ผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ตาราง 1 เปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียน (n=43, df = 42) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

มโนทัศน์ฟิสิกส์	*คะแนนเต็ม*	*ก่อนเรียน*		*หลังเรียน*		*t*	*p*
		$\bar{x}$	*S.D.*	$\bar{x}$	*S.D.*		
คลื่น	*10*	*3.40*	*2.14*	*7.07*	*1.55*	*11.35**	*.00*
แสงเชิงคลื่น	*6*	*2.00*	*1.46*	*4.63*	*0.72*	*10.37**	*.00*
แสงเชิงรังสี	*14*	*3.37*	*2.40*	*10.98*	*1.44*	*21.49**	*.00*
ภาพรวม	*30*	*8.77*	*4.21*	*22.67*	*2.70*	*23.78**	*.00*

**p<.05*

จากตาราง 1 พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ฟิสิกส์ทั้งในภาพรวมและมโนทัศน์ทั้ง 3 เรื่องที่ศึกษา ได้แก่ คลื่น แสงเชิงคลื่น และแสงเชิงรังสี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1

2. การเปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์กับเกณฑ์ร้อยละ 60

ตาราง 2 เปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียน (n=43, df = 42) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ร้อยละ 60

มโนทัศน์ฟิสิกส์	*คะแนนเต็ม*	*เกณฑ์ 60%*	*คะแนนเฉลี่ย*	*S.D.*	*t*	*p*
คลื่น	*10*	*6*	*7.07*	*1.55*	*4.53**	*.00*
แสงเชิงคลื่น	*6*	*3.6*	*4.63*	*0.72*	*9.30**	*.00*
แสงเชิงรังสี	*14*	*8.4*	*10.98*	*1.44*	*6.27**	*.00*
ภาพรวม	*30*	*18*	*22.67*	*2.70*	*11.37**	*.00*

**p<.05*

จากตาราง 2 พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ฟิสิกส์ทั้งในภาพรวมและมโนทัศน์ 3 เรื่องที่ศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2

3. การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ตาราง 3 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน (n=43, df = 42) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	*คะแนนเต็ม*	*ก่อนเรียน*		*หลังเรียน*		*t*	*p*
		$\bar{X}$	*S.D.*	$\bar{X}$	*S.D.*		
1. พิจารณาปัญหา	*30*	*14.69*	*6.74*	*25.42*	*2.02*	*9.86**	*.00*
2. อธิบายปัญหาในเชิงฟิสิกส์	*30*	*1.07*	*3.69*	*24.35*	*2.50*	*36.45**	*.00*
3. วางแผนแก้ปัญหา	*30*	*0.35*	*1.85*	*23.35*	*5.25*	*29.05**	*.00*
4. ดำเนินการตามแผน	*30*	*0.28*	*1.83*	*19.53*	*4.93*	*25.16**	*.00*
5. ตรวจสอบคำตอบ	*30*	*0.00*	*0.00*	*13.95*	*7.24*	*12.64**	*.00*
ภาพรวม	*150*	*16.39*	*11.31*	*106.60*	*18.10*	*30.10*	*.00*

*p<.05

จากตาราง 3 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทั้งในภาพรวมและในขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทั้ง 5 ขั้นตอน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3

4. การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์กับเกณฑ์ร้อยละ 60

ตาราง 4 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียน (n=43, df = 42) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ร้อยละ 60

การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	*คะแนนเต็ม*	*เกณฑ์ 60%*	*คะแนนเฉลี่ย*	*S.D.*	*t*	*p*
1. พิจารณาปัญหา	*30*	*18*	*25.41*	*2.03*	*24.01**	*.00*
2. อธิบายปัญหาในเชิงฟิสิกส์	*30*	*18*	*24.35*	*2.51*	*16.61**	*.00*
3. วางแผนแก้ปัญหา	*30*	*18*	*23.35*	*5.25*	*6.67**	*.00*
4. ดำเนินการตามแผน	*30*	*18*	*19.53*	*4.94*	*2.04**	*.05*
5. ตรวจสอบคำตอบ	*30*	*18*	*13.96*	*7.24*	*-3.66**	*.00*
ภาพรวม	*150*	*90*	*106.60*	*18.10*	*6.02**	*.00*

**p<.05*

จากตาราง 4 พบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 เมื่อพิจารณาขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทั้ง 5 ขั้นตอน พบว่า ขั้นตอนการพิจารณาปัญหา อธิบายปัญหาในเชิงฟิสิกส์ วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่อย่างไรก็ตามในขั้นตอนตรวจสอบคำตอบนักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60

5. การศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ตาราง 5 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ระดับมาก

ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้	*คะแนนเต็ม*	*เกณฑ์*	$\bar{X}$	*S.D.*	*แปลผล*	*t*	*p*
1. ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้	*5*	*3.51*	*4.13*	*0.70*	*มาก*	*10.60**	*.00*
2. ด้านบรรยากาศการเรียนรู้	*5*	*3.51*	*3.87*	*0.69*	*มาก*	*8.23**	*.00*
3. ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้	*5*	*3.51*	*4.34*	*0.53*	*มาก*	*16.53**	*.00*
4. ด้านการวัดและประเมินผล	*5*	*3.51*	*4.07*	*0.66*	*มาก*	*10.62**	*.00*
ภาพรวม	*5*	*3.51*	*4.11*	*0.57*	*มาก*	*12.75**	*.00*

**p<.05*

จากตาราง 5 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้รายด้าน ได้แก่ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้และด้านการวัดประเมินผลในระดับมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษามโนทัศน์ฟิสิกส์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ 3 ประเด็น ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ส่งเสริมให้นักเรียนมีมโนทัศน์ฟิสิกส์ในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นกระตุ้นความสนใจ โดยครูใช้คำถามหรือปัญหาที่นักเรียนไม่สามารถใช้ความรู้เดิมในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหาได้ ทำให้นักเรียนได้แสดงความรู้ความเข้าใจเดิมผ่านการใช้คำถาม ซึ่งเป็นการสร้างความขัดแย้งทางปัญญาให้กับนักเรียน สอดคล้องกับพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2550, น. 45) ที่กล่าวว่า การใช้คำถามเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็นและกระตุ้นให้ได้ลองแก้ปัญหาด้วยตนเองและสามารถส่งเสริมให้ผู้ตอบนำความรู้และประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานในการสรุปหาคำตอบ

2. ขั้นสำรวจเป็นภาพ โดยนักเรียนลงมือทำกิจกรรมแบบกลุ่มย่อย การจัดกิจกรรมเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมและมีปฏิสัมพันธ์กัน สามารถออกแบบวิธีการนำเสนอปัญหาในรูปแบบที่หลากหลาย และนักเรียนร่วมกันอภิปรายในกลุ่มด้วยกระบวนการคิดเป็นภาพ ทำให้นักเรียนสามารถสื่อสารและแสดงให้เห็นความเชื่อมโยงของเรื่องราวได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับแนวคิดของ ที่กล่าวถึงหลักการสร้างความรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ว่า นักเรียนจะสร้างความรู้และความเข้าใจจากการลงมือปฏิบัติ และสอดคล้องกับ Brand (2017, p. 13) ที่กล่าวว่า การคิดเป็นภาพเป็นกระบวนการออกแบบความคิดที่เป็นระบบ เป็นการใช้ภาพเพื่อคิด เป็นการใช้กลไกการมองเห็นผ่านดวงตาและประมวลผลโดยสมอง เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวคิดที่เป็นรูปธรรม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mahoney (2012) ที่ได้นำกลวิธีการคิดเป็นภาพไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ทำให้มโนทัศน์ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนสูงขึ้น

3. ขั้นนำเสนอมโนทัศน์ โดยนักเรียนนำเสนอมโนทัศน์ที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม ครูนำอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ค้นพบกับความรู้เดิม

ของนักเรียน สอดคล้องกับแนวคิดของพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2550) ที่กล่าวว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากกระบวนการลงมือทำ ความรู้จะถูกสร้างขึ้นโดยนำข้อมูลที่ได้รับมาใหม่เชื่อมโยงกับความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่

4. ขั้นการประยุกต์ความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา โดยนักเรียนนำมโนทัศน์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยครูใช้คำถามเพื่อนำอภิปรายตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา และนักเรียนต้องอธิบายปัญหาเชิงฟิสิกส์และต้องระบุหลักการทางฟิสิกส์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ของโจทย์ปัญหาซึ่งมีส่วนช่วยให้นักเรียนได้นำความรู้ความเข้าใจและหลักการฟิสิกส์มาอธิบายโจทย์ปัญหาฟิสิกส์แต่ละข้อ สะท้อนให้เห็นว่าหากนักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ฟิสิกส์ก็จะสามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ สอดคล้องกับ Gaigher, Rogan, และ Braun (2007, p. 4) ที่กล่าวว่า การมีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ฟิสิกส์จะทำให้สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ดีขึ้น

5. ขั้นนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยครูใช้คำถามที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน และนักเรียนนำมโนทัศน์ไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ ดังกล่าวทำให้นักเรียนเข้าใจในมโนทัศน์ที่ตนเองสร้างขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Vaughan (2010, p. 60) ที่กล่าวว่า การสะท้อนว่าข้อค้นพบหรือมโนทัศน์ที่ได้จากกระบวนการจัดการเรียนรู้นั้นถูกต้อง คือ นักเรียนต้องสามารถอธิบายหรือบูรณาการมโนทัศน์เหล่านั้นกับปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกันหรือสถานการณ์อื่น ๆ ได้

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ทำให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่อง คลื่น แสงเชิงคลื่น และแสงเชิงรังสีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนธัญ ฝีมือสาร (2560) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Akanwa และ Ovute (2014) ได้นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ไปใช้ในรายวิชา พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในขั้นตอนที่ 4 ขั้นการประยุกต์ความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนย่อย ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นพิจารณาปัญหา โดยนักเรียนใช้กลวิธีการคิดเป็นภาพในการพิจารณาปัญหา นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหา แล้ววาดภาพแสดงสถานการณ์ และระบุข้อมูลหรือตัวแปรที่ทราบจากโจทย์ปัญหา ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด ทำให้นักเรียนสามารถเห็นภาพรวมและระบุจุดมุ่งหมายของการแก้โจทย์ปัญหาได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Heller และ Heller (2010, p. 27) ที่กล่าวว่า ในขั้นพิจารณาปัญหา เมื่อนักเรียนวาดภาพเสร็จแล้วก็ไม่ต้องอ่านโจทย์ซ้ำอีกทำให้มีเวลาในการแก้โจทย์ปัญหามากขึ้น ส่วนการระบุคำถามจะช่วยให้นักเรียนหาคำตอบได้ตรงประเด็น นอกจากนี้กลวิธีการคิดเป็นภาพช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ดีขึ้น โดยลักษณะโจทย์ปัญหาเป็นโจทย์ปัญหาในลักษณะที่ซับซ้อน ไม่มีรูปภาพประกอบ และเป็นโจทย์ปัญหาในลักษณะที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ในตอนเดียว และช่วยวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Fernández-Fontecha, O'halloran, Tan, และ Wignell (2018) ได้ศึกษาการใช้เทคนิคการคิดเป็นภาพเพื่อพัฒนาการคิดเชิงมโนทัศน์ พบว่ากลวิธีการคิดเป็นภาพทำให้สามารถเข้าถึงเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนได้ สามารถเปลี่ยนความนามธรรมเฉพาะทาง โดยเฉพาะในทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ให้เป็นรูปธรรมได้

2. ขั้นอธิบายปัญหาในเชิงฟิสิกส์ เป็นขั้นตอนการเขียนแผนภาพทางฟิสิกส์ โดยวาดแผนภาพในระบบอ้างอิงที่กำหนดตามหลักการทางฟิสิกส์ ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดในรูปของตัวแปร และระบุตัวแปรที่ต้องการทราบค่าบนแผนภาพที่สร้างขึ้น รวมถึงหลักการที่เกี่ยวข้องทั้งหมดกับตัวแปรในโจทย์ ทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงมโนทัศน์ฟิสิกส์มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและมีเป้าหมายในการเลือกใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับแนวคิดของ Heller และ Heller (2010, p. 28) ที่กล่าวว่าการเขียนแผนภาพทางฟิสิกส์ช่วยในการกำหนดพิกัดที่เหมาะสมกับสถานการณ์ ให้นักเรียนได้ฝึกฝนการเปลี่ยนสถานการณ์จริงเป็นวัตถุในอุดมคติ การระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องทำให้นักเรียนมีเป้าหมายในการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้อาจจะเป็นการเชื่อมโยงโจทย์ปัญหากับวิธีการทางคณิตศาสตร์ และนักเรียนต้องตัดสินใจเลือกสมการที่จำเป็นจากสมการที่ทราบทั้งหมด

3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนการนำความสัมพันธ์จากการอธิบายปัญหาในเชิงฟิสิกส์ไปสร้างเป็นสมการในการแก้โจทย์ปัญหา โดยเขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า พิจารณาว่าแต่ละสมการที่เลือกมาเพียงพอต่อการหาคำตอบของตัวแปรที่ไม่ทราบค่าหรือไม่ และวางแผนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีตรรกะและสามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับแนวคิดของ Heller และ Heller (2010, p. 30) ที่กล่าวว่า ในขั้นตอนนี้นักเรียนต้องรวบรวมสมการที่เกี่ยวข้องให้เพียงพอต่อการแก้โจทย์ปัญหาก่อน ซึ่งนักเรียนมักจะทราบสมการจากตัวแปรที่โจทย์กำหนดและตัวแปรที่ต้องการทราบในขั้นตอนก่อนหน้านี้ ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีตรรกะในการเลือกสมการให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา ช่วยให้นักเรียนเกิดการขยายความรู้และเห็นแนวทางที่จะนำมาใช้ในการแก้ไขโจทย์ปัญหา

4. ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนการแทนค่าตัวแปรด้วยตัวเลขลงในสมการ โดยต้องตรวจสอบหน่วยของตัวแปรแต่ละตัวก่อนแทนค่าลงในสมการ แล้วจึงคำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้อย่างมั่นใจโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับ Heller และ Heller (2010, p. 34) ที่กล่าวว่า วิธีการแก้สมการจากการแทนค่าในสมการที่ได้เลือกใช้ นักเรียนสามารถจดจ่อกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพราะมั่นใจถึงวิธีการเมื่อทำตามแผนที่วางเอาไว้

5. ตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นที่ต้องตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ คำตอบที่ได้มีหน่วยเหมาะสมและสอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ต้องการหรือไม่ และคำตอบที่ได้เมื่อแทนค่ากลับเข้าไปในสมการแล้วถูกต้องหรือไม่ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำให้นักเรียนได้คิดย้อนกลับเพื่อทบทวนสิ่งที่โจทย์ถาม และได้เชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจใน มโนทัศน์ฟิสิกส์ในการอธิบายความสมเหตุสมผลของ สอดคล้องกับแนวคิดของวีนัส ชาลี (2563) ที่กล่าวถึงข้อคำถามในแผนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนการตรวจสอบคำตอบที่ระบุให้นักเรียนตรวจสอบผลลัพธ์ โดยคำถามสำคัญที่ใช้ส่งผลให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเขียนสรุปคำตอบตามปริมาณที่โจทย์ต้องการทราบ

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่ากลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ส่งผลให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วุฒิชัย จารุตัน และ อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ (2564) ที่ได้นำกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แล้วทำให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าในคะแนนภาพรวมของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนจะสูงกว่าก่อนเรียน และภาพรวมหลังเรียนจะสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) แต่เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยรายขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ พบว่าในขั้นตอนการตรวจสอบคำตอบ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องมาจากนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ รวมไปถึงนักเรียนไม่สามารถแทนค่ากลับเพื่อตรวจสอบคำตอบได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากในขั้นตอนก่อนหน้านักเรียนทำไม่ถูกต้อง จึงส่งผลให้คะแนนในขั้นตอนการตรวจสอบคำตอบลดลงด้วย สอดคล้องกับ Çıldır (2019, p. 12) ที่กล่าวถึงแนวโน้มของคะแนนในขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ลดลงว่าเนื่องมาจากนักเรียนไม่สามารถแสดง

พฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของขั้นตอนก่อนหน้าได้ จึงไม่สามารถแสดงออกถึงพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นตอนต่อไปได้อย่างสมบูรณ์ เพราะในแต่ละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหามีความสอดคล้องเชื่อมโยงกัน หากนักเรียนไม่สามารถทำตามแต่ละขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง ก็จะไม่สามารถไปถึงขั้นตอนการตรวจสอบผลลัพธ์ได้

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ส่งเสริมให้นักเรียนมีความพึงใจต่อองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ด้าน ได้แก่ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ดังนี้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เน้นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันผ่านการทำงานเป็นกลุ่ม ทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันและเกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับประสบการณ์ใหม่ด้วยตนเอง ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทั้งการทดลอง การสาธิต การร่วมอภิปรายหน้าชั้นเรียน การนำเสนอมโนทัศน์รายกลุ่ม ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมมากขึ้น โดยคำนึงถึงองค์ประกอบของบรรยากาศการเรียนรู้ 2 องค์ประกอบ ได้แก่ บรรยากาศด้านกายภาพ คือ สภาพห้องเรียน อุปกรณ์ในห้องเรียนมีความพร้อมและเหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้ และบรรยากาศด้านสังคม คือ คำนึงถึงความรู้สึกและอารมณ์ของผู้เรียน ครูสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ทำให้ครูและผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน รวมทั้งมีสื่อและอุปกรณ์สอดคล้องกับเนื้อหา เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ มีสื่อหลากหลาย นักเรียนมีส่วนร่วมในการเลือกใช้สื่อและอุปกรณ์ และครูมีแหล่งสืบค้นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการค้นพบความรู้ของนักเรียน และครูมีการแจ้งแนวทางการวัดและประเมินผลอย่างชัดเจน ครูใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลที่หลากหลาย และนักเรียนได้รับข้อเสนอแนะเป็นข้อมูลย้อนกลับจากครูผู้สอนในทุกครั้งของขั้นตอนนำเสนอมโนทัศน์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอข้อค้นพบของกลุ่มตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของเบญจพร บาทบำรุง และ ธนรัตน์ แต้วัฒนา (2565) ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียน มีกิจกรรมที่หลากหลาย ให้นักเรียนสะท้อนความคิดของตนเองระหว่างการทำกิจกรรมและบรรยากาศให้เอื้อต่อการเรียนรู้ และการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียนในชั้นเรียนส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้สึกเชิงบวกและทำให้ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด และสอดคล้องกับงานวิจัยของ วีนัส ชาลี (2563) ที่มีวิธีการวัดประเมินผลที่หลากหลาย มีการให้ข้อเสนอแนะย้อนกลับจากครูผู้สอนทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องในเนื้อหาไปพร้อมกันจากการร่วมกันอภิปรายหน้าชั้นเรียน ส่งผลให้ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

จากผลวิจัยให้นำเสนอข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เหมาะสำหรับนักเรียนจำนวนไม่เกิน 30 คน หรือไม่เกินจำนวน 5 กลุ่ม เนื่องจากกิจกรรมในทุกแผนการจัดการเรียนรู้เป็นกิจกรรมกลุ่ม และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองด้วยตนเองทั้งหมด และเหมาะสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถภายในห้องเรียนไม่แตกต่างกันมากนัก ควรคละระดับ

ความสามารถของนักเรียนในกลุ่ม เพื่อเปิดโอกาสให้เด็กเก่งได้ช่วยเหลือเพื่อนและเพิ่มโอกาสในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่ม

2. การแบ่งเวลาในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ควรจะใช้เวลากับขั้นตอนการนำเสนอมโนทัศน์ให้น้อยลง โดยไม่จำเป็นต้องให้นักเรียนทุกกลุ่มออกมานำเสนอมโนทัศน์แต่อาจจะปรับเป็นการสุ่มออกมาบางกลุ่มแล้วใช้การนำอภิปรายโดยใช้คำถามแทน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยเฉพาะขั้นตอนการตรวจสอบคำตอบ เนื่องจากผลการวิจัยในรายขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ พบว่า มีคะแนนในรายขั้นตอนนี้ไม่สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โดยเพิ่มเวลาให้นักเรียนได้ร่วมอภิปรายในห้องเรียนมากขึ้น โดยการอภิปรายคำตอบจากการนำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาหน้าชั้นเรียน และครูให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบฝึกหัดเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในวิธีการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากขึ้น

2. อาจจะศึกษาตัวแปรในรูปแบบการคิดอื่น ๆ เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเชิงระบบ

บรรณานุกรม

Akanwa, D. U. N., และ Ovute, D. A. O. (2014). *The effect of constructivist teaching model on SSS Physics s tudents' chievement and interest*. Journal of Research and Method in Education, 4(1), 35-38.

Arista, F. S., และ Kuswanto, H. (2017). *Virtual Physics Laboratory Application Based on the Android Smartphone to Improve Learning Independence and Conceptual Understanding*. International Journal of Instruction, 11(1), 11-16.

Brand, W. (2017). *Visual Thinking : Empowering People and Organisations through Visual Collaboration*. Amsterdam, Netherlands: BIS Publishers B.V.

Çıldır, S. (2019). *Improving the physics problem solving and problem posing skills of prospective physics t eachers.* Paper presented at the SHS Web of Conferences.

Docktor, J. L., และ Strand, N. E. (2015). *Conceptual problem solving in high school physics.* Physical Review Special Topics-Physics Education Research, 11(2).

Fernández-Fontecha, A., O'halloran, K. L., Tan, S., และ Wignell, P. (2018). *A multimodal approach to visual t hinking: he scientific sketchnote*. SAGE Journal.

Gaigher, E., Rogan, J. M., และ Braun, M. W. H. (2007). *Exploring the development of conceptual understanding through structured problem -solving in Physics. I*nternational Journal of Science Education, 29(9), 1089-1110.

Heller, K., และ Heller, P. (2010). *Cooperative problem solving in physics a user's manual.* Paper presented at the Tersedia: http://www. aapt. org/Conferences/newfaculty/upload/Coop-Problem-Solving-Guide. pdf.

Katsumi, N. (2008). *คิดด้วยภาพ* Think in pictures (ป. เพียรเจริญ, ผู้แปล). กรุงเทพฯ: ส.ส.ท.

Mahoney, J. D. (2012). *The effect of instruction of visual/spatial thinking skills on learning physics concepts.* (Master degree). Montana State University. (Science Education).

Roam, D. (2013). *The Back of the Napkin (Expanded Edition) : Solving Problems and Selling Ideas with Pictures*. New York, United States: Penguin Putnam Inc.

Vaughan, N. D. (2010). *A blended community of inquiry approach: Linking student engagement and course redesign*. The Internet and Higher Education, 13(1-2), 60-65.

Yenawine, P. (2013). *Visual thinking strategies: using art to deepen learning across school disciplines*: Harvard Education Press.

เบญจพร บาทบำรุง, และ ธนรัตน์ แต้วัฒนา. (2565, มกราคม - มิถุนายน). *พัฒนาชุดกิจกรรมเสริมทักษะการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา, 16(1), 125 - 140.

ทิศนา แขมมณี. (2557). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนธัญ ฝีมือสาร. (2560). *ผลของกลวิธีการสอนสี่ขั้นตอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ฟิสิกส์และเจตคติต่อการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียน มัธยมศึกษาปีที่ 5*. Online Journal of Education, 12(1), 384-401.

บุญเลี้ยง ทุมทอง. (2556). *ทฤษฎีและการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น.

พัณนิดา มิ่งมิตร. (2560). *ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. An Online Journal of Education, 12(1), 139-154.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2550). *ปรับเปลี่ยนวิธีเรียน เปลี่ยนวิธีสอน วิทยาศาสตร์สู่ห้องเรียนแห่งการคิด*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ

วีนัส ชาลี. (2563, กันยายน – ธันวาคม). *ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาของนักเรียนระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 35(3), 72-84.

วุฒิชัย จารุตัน, และ อุฤทธิ์ เจริญอินทร์. (2564). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เรื่องโมเมนตัมและการชนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์*. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 44(1), 50-64.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2663). *รายงานผลการทดสอบวิชาสามัญ*. http//www.niets.or.th

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *รายงานผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015*.